Versuche

über

den Einfluss der Tageszeiten

und

der Muskelanstrengung

auf die

Harnstoffausscheidung.

Inauguraldissertation

zur Erlangung

der

Doctorwürde in der Medicin und Chirurgie

unter dem Præsidium

von

Dr. **Karl v. Vierordt,**
o. ö. Professor der Physiologie

vorgelegt von

Julius Weigelin
aus Stuttgart.

Tübingen, 1869.
Druck von Heinrich Laupp.

Im Begriff, die Hochschule zu verlassen, ergreife ich die günstige Gelegenheit, allen meinen verehrten Lehrern meinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

Besonders verpflichtet aber fühle ich mich dem Herrn Prof. Dr. v. Vierordt für die Güte, mit der er mich bei dieser Arbeit unterstützte, sowie für das aufmunternde Wohlwollen, das er mir während meiner ganzen Studienzeit zu Theil werden liess.

Tübingen, im April 1869.

J. Weigelin.

Abschnitt Nro. III. dieser Arbeit wurde schon voriges Jahr in Dubois-Reymond's & Reichert's Archiv, 1868, pag. 207 veröffentlicht.

I. Die Harnstoff- und Chlornatriumausscheidung in den verschiedenen Tageszeiten bei normaler Kost.

Die Excretionsproducte haben durch die genauere Analyse des Stoffwechsels eine solche Bedeutung erlangt, dass eine Erforschung der Einflüsse, welche ihre Ausscheidung zu modificiren im Stande sind, dringend geboten war. Unter den Excretionsproducten aber nimmt der Harn nicht nur eine hervorragende Stelle ein, sondern empfiehlt sich auch den Experimentatoren durch die Leichtigkeit, mit welcher man ihn jederzeit erhalten kann, durch die Sicherheit der Methoden, die man hat, um wenigstens die Hauptbestandtheile quantitativ genau zu bestimmen, und durch die verhältnissmässig geringen Beschwerden, mit welchen die meisten Versuchsbedingungen verknüpft sind. So ist der Harn seit einer Reihe von Jahren der Gegenstand so zahlreicher Untersuchungen von Seiten der Physiologen und Chemiker geworden, dass es kaum möglich erscheint, diesem Gegenstand noch eine neue Seite abzugewinnen.

Doch hat bis jetzt der Einfluss der Tageszeit auf die Absonderung des wichtigsten Harnbestandtheils, des

Harnstoffs, nur eine ziemlich oberflächliche Berücksichtigung erfahren. Die meisten bis jetzt gemachten Angaben beziehen sich blos auf die Secretion bei Tag und bei Nacht, resp. Morgen-, Mittag- und Nachtharn (Krahmer, Hegar, Rudolph u. s. w., Archiv für gemeinsame Arbeiten von Vogel und Nasse); die von C. Ludwig (s. dessen Handbuch der Physiologie) nach Voit und Becher's Untersuchungen construirte Harnstoffcurve aber ist das Resultat eines einzigen Versuchstags. Die von G. Sehweig [1]) angestellten, sehr eingehenden Untersuchungen endlich beziehen sich auf den Gehalt des Harns an Harnsäure, einen Bestandtheil also, der für den normalen Stoffwechsel wenigstens von viel untergeordneterer Bedeutung ist, als der Harnstoff.

Mit Rücksicht auf die hieraus ersichtlichen Lücken in den bisher producirten Angaben unternahm ich es, auf die Aufforderung des Herrn Prof. von Vierordt hin, die Ausscheidung von Harnstoff und Chlornatrium während der verschiedenen Tageszeiten zunächst bei normaler Kost und gewöhnlicher Lebensweise einer etwas eingehenderen Untersuchung zu unterwerfen.

Ich sammelte zu diesem Zweck den Harn von 24stündigen Perioden von 2 zu 2 Stunden; bei Nacht wurde ich durch eine Weckuhr an meine Pflichten erinnert. Das Ansammeln des Harns bei Nacht in das bereitgestellte Glas und das Wiederaufziehen der Uhr nahm nur wenige Minuten in Anspruch, so dass ich

---

1) Untersuchungen über periodische Vorgänge im gesunden und kranken Organismus des Menschen. Karlsruhe, 1843.

in meiner Nachtruhe, da ich leicht einschlafe, verhältnissmässig wenig gestört wurde.

Genauere Resultate hätte freilich ein 1stündliches Ansammeln geliefert; allein diess verbot sich aus verschiedenen Gründen: erstens würde der Schlaf doch ziemlich beeinträchtigt worden sein, und zweitens wäre es mir, da ich ohne Gehülfen war, nicht möglich gewesen, die Titrirversuche alle noch an demselben Tage fertig zu bringen, was bei der leichten Zersetzbarkeit des Harns im Sommer wenigstens dringend geboten war.

Meine Lebensweise während der Versuchstage war folgende:

Von 6—11 Uhr Abends war ich auf meinem Zimmer mit Lesen, Schreiben etc. beschäftigt. Um 8 Uhr nahm ich mein Nachtessen, bestehend in 125 grammen Schinken mit Kartoffelsalat und 65 grammen Brod ein, und trank von 8—10 Uhr nach und nach eine Flasche Bier (= 830 CCm.). Um 11 Uhr gieng ich zu Bett, und stand um 7 Uhr Morgens auf, um welche Zeit ich einen Schoppen (= 417,5 CCm.) Milch zu mir nahm. Dann gieng ich ins physiologische Institut, wo ich mich bis 12 Uhr mit der Untersuchung des gesammelten Harns beschäftigte. Von $^1/_2$8 bis $^1/_2$11 Uhr trank ich in kleinen Portionen einen Schoppen Wasser, um 10 Uhr genoss ich eine Semmel (= 50 gramm.). Um 12$^1/_4$ Uhr gieng ich zu einem gewöhnlichen Mittagessen mit $^1/_2$ Schoppen Wein, um 1 Uhr ins Caffehaus, wo ich eine Tasse Caffe mit $^1/_2$ Schoppen Zuckerwasser zu mir nahm, und meine Zeit mit Taroken ausfüllte. Um 2 Uhr war ich wieder im physiologischen Institut, wo ich, mit Titriren beschäftigt, bis 6 Uhr Abends blieb.

Die meisten Versuche stellte ich an Sonntagen oder Donnerstagen an, da ich an solchen keine Collegien zu besuchen hatte; ausserdem erreichte ich dadurch eine ziemliche Gleichmässigkeit in der Zusammensetzung des Mittagessens.

Die 2 letzten Stunden des dem Versuchstag vorhergehenden Tages wurden ebenfalls mit in Berechnung gezogen, um einigermassen einen Anhalt dafür zu gewinnen, wie sich die Ausscheidungen in den darauffolgenden Stunden gestalten werden.

Bei der so eingehaltenen Diät betrug der Gehalt der Nahrung annähernd:

1) an Proteinstoffen:

im Abendessen	27,5 grm.
im Frühstück:	
Milch	12,5 grm.
Semmel	4,5 grm.
Mittagessen	82,0 grm.
Zusammen für 24 Std.	126,5 grm.

welche einen Stickstoffwerth von 19,7 grm. repräsentiren.

2) an Wasser:

im Abendessen	895 grm.
im Frühstück (Milch mit Semmel) . .	398 grm.
der von $^1/_2$8—$^1/_2$11 Morgens getrunkene Schoppen Wasser	417 grm.
im Mittagessen (incl. den $^1/_2$ Sch. Wein)	930 grm.
1 Tasse Caffe mit $^1/_2$ Sch. Zuckerwasser	330 grm.
Zusammen für 24 Stunden	2970 grm.

Sämmtliche Versuche stellte ich an mir selbst an;

mein Alter war 24 Jahre, mein Körpergewicht betrug $65^1/_2$ Kilogr.

Die Bestimmungen selbst wurden auf folgende Weise angestellt: Zuerst wurde das Volum des Harns nach CCm., seine Temperatur und spec. Gewicht bestimmt und letzteres, wie üblich, auf die Temperatur von 14^0 R. reducirt. Ausserdem bestimmte ich, wenigstens in den Tagesstunden, die Temperatur des Zimmers, in dem ich mich aufhielt. Dann bestimmte ich den Gehalt an Harnstoff und Chlornatrium nach den von Liebig angegebenen Methoden.

Da die Möglichkeit, nach dieser Methode den Chlornatriumgehalt genau zu ermitteln, in neuerer Zeit in Frage gestellt worden ist, sehe ich mich veranlasst, hier die Bemerkung einzuschalten, dass es nach meinen Erfahrungen keineswegs sehr schwierig ist, nach dieser Methode genaue Resultate zu erzielen, wenn sich das Auge nur erst durch fortgesetzte Versuche darin geübt hat, das Eintreten der Trübung kommen zu sehen, wie ich mich durch zahlreiche Versuche mit Chlornatriumlösungen von bekanntem Procentgehalt überzeugt habe.

Nachdem ich diese allgemeinen Bemerkungen vorausgeschickt, lasse ich die einzelnen Versuchstage der Reihe nach folgen, und füge diesen in Tabelle A. die Mittelwerthe bei. Zu bemerken ist noch, dass die das Maximum repräsentirenden Zahlen gross, die Minimalzahlen klein gedruckt sind.

1. Tag. 16/17. Juni 1866. Sonntag.

Tageszeit.	Harnmenge in CCm.	Spec. Gew. bei 14° R.	Temp. d. Luft.	Harnstoff in Gramm.	Chlornatr. in Gramm.
4—6 Abends	291	1008		2,112	0,553
6—8 »	232	1009		2,830	0,464
8—10 »	89	1023		2,803	0,427
10—12 »	74	1027		2,649	0,333
12—2 Morgens	60	1026		2,340	0,234
2—4 »	64	1025		2,496	0,218
4—6 »	66	1025		2,673	0,198
6—8 »	93	1024	14	3,153	0,446
8—10 »	133	1019	14	3,751	0,585
10—12 »	404	1004	15	4,080	1,414
12—2 N.Mittags	311	1007	14	4,323	0,933
2—4 »	369	1011	14	4,576	1,292
4—6 »	230	1015	14,5	4,439	0,920
Summe von 6 Abds — 6 Abds.	2125			40,113	7,464
2stündig. Mittel	177			3,343	0,622

2. Tag. 23/24. Juni 1866. Sonntag.

4—6 Abends	141	1028		5,203	0,677
6—8 »	101	1029		3,484	0,606
8—10 »	85	1030		3,443	0,485
10—12 »	70	1031		2,996	0,343
12—2 Morgens	53	1033		2,703	0,159
2—4 »	52	1031		2,621	0,156
4—6 »	54	1028		2,349	0,216
6—8 »	80	1027	15	2,500	0,464
8—10 »	90	1024	15	3,085	0,621
10—12 »	103	1023	15	3,430	0,762
12—2 N.Mittags	215	1013	16	4,343	1,075
2—4 »	305	1011	17	4,941	0,915
4—6 »	145	1018	18	4,350	0,653
Summe von 6 Abds — 6 Abds.	1353			40,245	6,454
2stündig. Mittel	113			3,354	0,538

3. Tag. 14/15. Juli 1866. Sonntag.

Tageszeit.	Harnmenge in CCm.	Spec. Gew. bei 14° R.	Temp. d. Luft.	Harnstoff in Gramm.	Chlornatr. in Gramm.
4—6 Abends	63	1028		2,173	0,277
6—8 »	89	1031		3,364	0,418
8—10 »	91	1031		3,631	0,400
10—12 »	75	1031		3,037	0,293
12—2 Morgens	66	1033		2,970	0,211
2—4 »	47	1034		2,185	0,150
4—6 »	52	1033		2,418	0,167
6—8 »	76	1029	17	2,736	0,281
8—10 »	65	1027	18	2,417	0,325
10—12 »	86	1027	18	2,838	0,456
12—2 N.Mittags	99	1027	19	3,267	0,485
2—4 »	110	1028	19	3,564	0,662
4—6 »	92	1030	19	3,312	0,368
Summe von 6 Abds — 6 Abds.	948			35,741	4,216
2stündig. Mittel	79			2,978	0,351

4. Tag. 24/25. Juli 1866. Mittwoch (Feiertag).

4—6 Abends	103	1027		2,771	0,443
6—8 »	90	1030		2,700	0,207
8—10 »	83	1027		3,112	0,291
10—12 »	57	1032		2,223	0,188
12—2 Morgens	60	1033		2,574	0,078
2—4 »	62	1030		2,511	0,149
4—6 »	91	1025		3,003	0,328
6—8 »	103	1024	14	2,616	0,433
8—10 »	158	1018	14	3,286	0,727
10—12 »	275	1010	14	4,895	1,128
12—2 N.Mittags	260	1011	15	4,212	0,988
2—4 »	333	1012	15	4,395	1,166
4—6 »	260	1013	16	3,822	1,040
Summe von 6 Abds — 6 Abds.	1832			39,350	6,720
2stündig. Mittel	153			3,280	0,560

5. Tag. 28/29. Juli 1866. Sonntag.

Tageszeit.	Harnmenge in CCm.	Spec. Gew. bei 14° R.	Temp. d. Luft.	Harnstoff in Gramm.	Chlornatr. in Gramm.
4—6 Abends	114	1026		3,591	0,319
6—8 »	70	1028		2,583	0,196
8—10 »	151	1017		4,303	0,332
10—12 »	73	1028		3,066	0,190
12—2 Morgens	52	1033		2,730	0,198
2—4 »	60	1030		2,970	0,168
4—6 »	70	1028		3,339	0,182
6—8 »	113	1024	14	3,898	0,384
8—10 »	117	1021	14	3,568	0,363
10—12 »	137	1021	14	3,562	0,411
12—2 N.Mittags	144	1022	14	3,744	0,360
2—4 »	328	1011	14	4,625	0,426
4—6 »	170	1020	14	2,703	0,255
Summe von 6 Abds — 6 Abds.	1485			41,092	3,465
2stündig. Mittel	124			3,424	0,289

6. Tag. 3/4. August 1866. Donnerstag.

4—6 Abends	75	1030		2,965	0,120
6—8 »	92	1028		3,312	0,156
8—10 »	162	1015		4,115	0,211
10—12 »	82	1023		2,780	0,131
12—2 Morgens	58	1025		2,349	0,110
2—4 »	60	1025		2,430	0,120
4—6 »	74	1021		2,664	0,148
6—8 »	99	1021	12	3,029	0,257
8—10 »	100	1020	13	2,690	0,330
10—12 »	126	1019	14	3,097	0,277
12—2 N.Mittags	270	1011	13	3,969	0,810
2—4 »	344	1010	13	3,990	0,688
4—6 »	118	1022	13	2,997	0,260
Summe von 6 Abds — 6 Abds.	1585			37,423	3,498
2stündig. Mittel	132			3,119	0,291

Tabelle A.

Mittelwerthe aus den gewöhnlichen Tagen.

Tageszeit.	Harnmenge in CCm.	Harnstoff in Grammen.	Chlornatrium in Grammen.
4—6 Abends	131	3,136	0,398
6—8 »	112	3,046	0,341
8—10 »	110	3,568	0,358
10—12 »	72	2,792	0,246
12—2 Morgens	58	2,611	0,165
2—4 »	57	2,535	0.160
4—6 »	68	2,741	0,260
6—8 »	94	2,989	0,378
8—10 »	110	3,133	0,492
10—12 »	188	3,650	0,741
12—2 N.Mittags	216	3,976	**0,775**
2—4 »	**298**	**4,348**	0,691
4—6 »	169	3,604	0,582
24stündige Summe von 6 Abds — 6 Abds.	1552	38,993	5,189
2stündiges Mittel	112	3,249	0,432

Die Betrachtung der Mittelwerthe ergibt folgende Resultate:

1) Harnmenge betr.

Die ausgeschiedene Harnmenge ist am geringsten Nachts, und zwar fällt das Minimum in die Stunden von 2—4 Uhr Morgens. Von 4 Uhr Morgens an steigt die Harnmenge stetig, um Nachmittags zwischen 2 und 4 Uhr ihr Maximum zu erreichen. Von da an fällt sie bis Morgens 4 Uhr, mit Ausnahme der Stunden von 8—10 Uhr Abends, wo sich eine kleine Steigerung der Secretion bemerklich macht.

Die dem Minimum am nächsten kommende Harnmenge fällt in die Stunden von 12—2 Uhr Morgens, die dem Maximum am nächsten kommende in die Stunden von 12—2 Nachmittags.

2) Harnstoff betr.

Die Harnstoffausscheidung steigt und fällt mit der ausgeschiedenen Harnmenge; auch sie zeigt ihr Minimum in den Stunden von 2—4 Morgens, steigt dann stetig, bis sie ihr Maximum in den Stunden von 2—4 Nachmittags erreicht, um von da an stetig abzunehmen, mit Ausnahme einer kleinen, durch die Abendmahlzeit bedingten Steigung von 8—10 Abends.

Die dem Minimum am nächsten kommende Harnstoffmenge fällt in die Stunden von 12—2 Morgens, die dem Maximum am nächsten kommende in die Stunden von 12—2 Nachmittags.

3) Chlornatrium betr.

Ebenso erreicht die Chlornatriumausscheidung ihr Minimum in den Stunden von 2—4 Morgens; dann stetiges Steigen bis zum Maximum von 12—2 Nachmittags, hierauf stetiger Abfall mit leichter, durch das Abendessen bedingter Erhebung von 8—10 Abends.

Bemerkenswerth ist, dass nach der Hauptmahlzeit das Chlornatrium schneller steigt (Maxim. 12—2) als der Harnstoff, dessen Maximum erst zwischen 2 und 4 Uhr fällt; daraus können wir auf eine schnellere Resorption des kein Verdauungsobject darstellenden Chlornatriums im Gegensatz zu den stickstoffhaltigen Substanzen schliessen.

Dem Minimum am nächsten steht 12—2 Morgens, dem Maximum am nächsten 10—12 Morgens.

Die geringsten Schwankungen in den Tagesstunden zeigt der Harnstoff, nämlich $2{,}5 : 4{,}3 = {}^1/_{1{,}7}$, viel grössere das Chlornatrium mit $16 : 77 = {}^1/_{4{,}8}$, und ebenso die Harnmenge mit $57 : 298 = {}^1/_{5{,}2}$.

Vergleichen wir nun die einzelnen Versuchstage mit einander, so bieten diese manche Abweichungen von unserer mittleren Curve, und zeigen namentlich einzelne Stunden einen auffallend geringen Harnstoffwerth. Doch beweist die Regelmässigkeit des Steigens und Fallens meiner Endwerthe und die einfache Gestalt, welche die Curven des Wassers, des Harnstoffs und Kochsalzes bieten (und welche durch die am Schlusse dieses Aufsatzes beigefügte Zeichnung veranschaulicht wird), dass sechs Versuchstage bei sonst möglichst gleicher Lebensweise genügen zur Constitution der Curve über das Verhalten dieser Harnbestandtheile in den verschiedenen Tageszeiten.

Die Grösse der vorkommenden Schwankungen ist für die einzelnen zweistündigen Perioden der Versuchstage sehr verschieden. Zur leichtern Uebersicht lasse ich hier in Tab. B die einzelnen Perioden in der Art folgen, dass von den constantesten zu den wenigst constanten fortgeschritten wird; dabei sind neben den absoluten auch die relativen Werthe angegeben, die man erhält, wenn das Minimum = 100 gesetzt wird.

Tabelle B.

Harnmenge.			Harnstoff.			Chlornatrium.		
Tageszeit.			Tageszeit.			Tageszeit.		
12—2 Morgens	Min. 52 Max. 66	100 126	12—2 Morgens	Min. 2,34 Max. 2,97	100 127	6—8 Morgens	Min. 0,26 Max. 0,46	100 177
2—4 »	Min. 47 Max. 64	100 136	12—2 N.Mittags	Min. 3,27 Max. 4,34	100 133	2—4 »	Min. 0,12 Max. 0,22	100 183
10—12 Abends	Min. 57 Max. 82	100 144	6—8 Abends	Min. 2,58 Max. 3,48	100 135	12—2 »	Min. 0,11 Max. 0,23	100 210
6—8 Morgens	Min. 76 Max. 113	100 148	2—4 Morgens	Min. 2,18 Max. 2,97	100 136	4—6 »	Min. 0,15 Max. 0,33	100 220
4—6 »	Min. 52 Max. 91	100 175	10—12 Abends	Min. 2,22 Max. 3,06	100 138	8—10 Abends	Min. 0,21 Max. 0,48	100 228
8—10 Abends	Min. 83 Max. 162	100 195	2—4 N.Mitt.	Min. 3,56 Max. 4,94	100 139	8—10 Morgens	Min. 0,32 Max. 0,73	100 229
8—10 Morgens	Min. 65 Max. 158	100 243	4—6 Morgens	Min. 2,35 Max. 3,34	100 142	10—12 Abends	Min. 0,13 Max. 0,34	100 261
4—6 Abends	Min. 92 Max. 260	100 283	8—10 Abends	Min. 2,80 Max. 4,30	100 154	12—2 N.Mitt.	Min. 0,36 Max. 1,07	100 297
12—2 N.Mittags	Min. 99 Max. 311	100 314	8—10 Morgens	Min. 2,42 Max. 3,75	100 155	2—4 »	Min. 0,43 Max. 1,29	100 300
6—8 Abends	Min. 70 Max. 232	100 331	6—8 »	Min. 2,50 Max. 3,90	100 156	6—8 Abends	Min. 0,16 Max. 0,61	100 381
2—4 N.Mittags	Min. 110 Max. 369	100 335	4—6 N.Mitt.	Min. 2,70 Max. 4,44	100 164	4—6 N.Mitt.	Min. 0,25 Max. 1,14	100 456
10—12 Morgens	Min. 86 Max. 404	100 469	10—12 Morgens	Min. 2,84 Max. 4,89	100 172	10—12 Morgens	Min. 0,28 Max. 1,41	100 504

Zur Vervollständigung meiner Angaben füge ich hier noch die Mittelwerthe für meinen Tag- und Nachtharn bei, mit dem Bemerken, dass sie den von Kaupp[1]) angegebenen ziemlich nahe kommen.

	Tag.	Nacht.	Nachtharn in % des Tagharns.
Weigelin	1077 CCm.	478 CCm.	44,4
Kaupp	889 CCm.	467 CCm.	52,5

II. Die Harnstoff- und Chlornatriumausscheidung bei vollkommener Abstinenz.

In den Curven, die ich auf die im vorhergehenden Abschnitt angegebene Weise für normale Kost erhielt, ist der Einfluss der Mahlzeiten, namentlich des Mittagessens, ein so augenfälliger, dass mich diess zu einer Untersuchung, wie sich die Curve bei Elimination dieser Factoren gestalten werde, aufforderte.

Ich untersuchte zu diesem Behuf den Gang meiner Harnstoff- und Chlornatriumausscheidung, wenn bei sonst vollständiger Abstinenz nur alle 2 Stunden ½ Schoppen Wasser getrunken wurde.

Ich bemerke hiebei, dass ich wohlgenährt bin und schon auf einige Zeit von meinen eigenen Geweben zehren kann. Gleichwohl zeigt sich der Einfluss der 24stündigen Abstinenz schon mit so enormer Deutlichkeit, dass ein solcher Zeitraum offenbar für genügend erklärt werden muss, um den Einfluss des Hungerns kennen zu lernen.

1) v. Vierordt, Physiologie, pag. 553.

Meine Lebensweise war in diesen Versuchstagen, die ich zum Unterschied von den früheren „gewöhnlichen“ Tagen die „Hungertage“ nenne, ganz dieselbe wie bei den früheren: von 6—11 Abends war ich zu Hause mit Lectüre beschäftigt, und ging um 11 Uhr zu Bett; um 7 Morgens stand ich auf und brachte den Tag mit Titriren zu. Die Wassereinverleibung geschah auch Nachts, wenn ich von 2 zu 2 Stunden den Harn ansammelte, und betrug die Gesammtmenge dieses Wassers 6 Schoppen = 2500 CCm., also um 4—500 CCm. weniger als an den gewöhnlichen Tagen.

Es folgen nun die 7 einzelnen Versuchstage der Reihe nach, und hierauf die Tabelle C mit den Mittelwerthen.

1. Tag. 6/7. August 1866. Dienstag.

Tageszeit.	Harnmenge in CCm.	Spec. Gew. bei 14° R.	Temp. d. Luft.	Harnstoff in Gramm.	Chlornatr. in Gramm.
4—6 Abends	140	1023		3,346	0,308
6—8 »	140	1022		3,346	0,350
8—10 »	157	1018		3,511	0,440
10—12 »	80	1020		1,984	0,096
12—2 Morgens	53	1023		1,765	0,074
2—4 »	55	1023		1,815	0,088
4—6 »	130	1011		2,431	0,169
6—8 »	86	1022	11	1,686	0,172
8—10 »	60	1022	12	1,800	0,126
10—12 »	176	1010	13	2,693	0,282
12—2 N.Mittags	353	1005	14	3,353	0,459
2—4 »	64	1022	15	1,920	0,115
4—6 »	103	1009	16	2,142	0,113
24stünd. Summe v.6Abds—6Abds.	1457			28,446	2,484
2stündig. Mittel	121			2,370	0,207

2. Tag. 22/23. September 1866. Sonntag.

4—6 Abends	93	1020		1,934	0,288
6—8 »	72	1027		2,311	0,202
8—10 »	60	1027		2,304	0,078
10—12 »	280	1005		2,996	0,308
12—2 Morgens	62	1021		2,046	0,062
2—4 »	75	1018		3,285	0,082
4—6 »	163	1009		2,738	0,130
6—8 »	174	1011	13	2,558	0,348
8—10 »	99	1017	14	2,435	0,267
10—12 »	99	1019	14	2,673	0,198
12—2 N.Mittags	193	1009	15	2,895	0,347
2—4 »	384	1005	14	3,072	0,653
4—6 »	58	1018	14	1,601	0,075
24stünd. Summe v.6Abds—6Abds.	1719			30,915	2,751
2stündig. Mittel	143			2,576	0,229

3. Tag. 2/3. October 1866. Mittwoch.

Tageszeit.	Harnmenge in CCm.	Spec. Gew. bei 14° R.	Temp. d. Luft.	Harnstoff in Gramm.	Chlornatr. in Gramm.
4—6 Abends	90	1029		2,484	0,261
6—8 »	118	1028		2,997	0,448
8—10 »	72	1030		2,160	0,238
10—12 »	50	1034		1,950	0,125
12—2 Morgens	47	1032		1,830	0,075
2—4 »	55	1030		2,310	0,094
4—6 »	36	1029		1,458	0,083
6—8 »	93	1025	14	2,929	0,279
8—10 »	88	1023	14	2,561	0,299
10—12 »	60	1023	16	2,160	0,150
12—2 N.Mittags	74	1020	16	2,442	0,148
2—4 »	280	1006	17	3,444	0,532
4—6 »	120	1013	16	2,496	0,204
24stünd. Summe 6 Abds — 6 Abds.	1093			28,737	2,674
2stündig. Mittel	91			2,395	0,223

4. Tag. 8/9. December 1866. Sonntag.

4—6 Abends	270	1014		4,617	0,783
6—8 »	158	1010		3,049	0,316
8—10 »	123	1006		2,792	0,209
10—12 »	82	1016		2,132	0,156
12—2 Morgens	180	1007		2,106	0,180
2—4 »	76	1016		1,824	0,122
4—6 »	90	1015		2,178	0,153
6—8 »	150	1006	11	1,380	0,300
8—10 »	87	1014	12	1,809	0,165
10—12 »	40	1024	13	1,524	0,088
12—2 N.Mittags	100	1015	14	2,230	0,180
2—4 »	213	1009	14	3,472	0,341
4—6 »	180	1010	14	2,376	0,360
24stünd. Summe 6 Abds — 6 Abds.	1479			26,873	2,570
2stündig. Mittel	123			2,239	0,214

5. Tag. 16/17. Januar 1867. Donnerstag.

Tageszeit.	Harnmenge in CCm.	Spec. Gew. bei 14° R.	Temp. d. Luft.	Harnstoff in Gramm.	Chlornatr. in Gramm.
4—6 Abends	125	1027		2,225	0,363
6—8 »	245	1024		5,463	0,637
8—10 »	93	1024		2,251	0,288
10—12 »	227	1019		5,107	0,363
12—2 Morgens	100	1020		3,020	0,240
2—4 »	106	1021		3,390	0,159
4—6 »	335	1006		4,422	0,670
6—8 »	536	1005	10	5,092	1,126
8—10 »	347	1008	11	4,025	0,972
10—12 »	192	1012	13	3,706	0,576
12—2 N.Mittags	200	1007	14	2,320	0,400
2—4 »	332	1008	14	3,187	0,398
4—6 »	206	1011	14	3,028	0,288
24stünd. Summe 6 Abds — 6 Abds.	2919			45,012	6,118
2stündig. Mittel	243			3,571	0,510

6. Tag. 9/10. Februar 1867. Sonntag.

4—6 Abends	300	1009		4,890	0,630
6—8 »	148	1016		3,300	0,355
8—10 »	150	1013		3,485	0,345
10—12 »	250	1007		3,150	0,375
12—2 Morgens	290	1005		2,929	0,348
2—4 »	210	1006		2,898	0,231
4—6 »	277	1004		2,798	0,305
6—8 »	340	1004	10	2,992	0,578
8—10 »	236	1009	10	2,974	0,283
10—12 »	294	1006	10	2,793	0,384
12—2 N.Mittags	225	1007	12	2,475	0,383
2—4 »	300	1006	13	3,120	0,450
4—6 »	160	1007	13	1,856	0,160
24stünd. Summe 6 Abds — 6 Abds.	2880			34,770	4,197
2stündig. Mittel	240			2,897	0,350

7. Tag. 20/21. Februar 1867. Donnerstag.

Tageszeit.	Harnmenge in CCm.	Spec. Gew bei 14° R.	Temp. d. Luft.	Harnstoff in Gramm.	Chlornatr. in Gramm.
4—6 Abends	154	1020		4,143	0,262
6—8 »	130	1024		3,705	0,247
8—10 »	103	1027		3,708	0,206
10—12 »	88	1026		3,036	0,167
12—2 Morgens	130	1014		4,082	0,156
2—4 »	150	1014		2,985	0,225
4—6 »	125	1011		2,600	0,163
6—8 »	380	1004	8	3,838	0,646
8—10 »	360	1007	10	3,636	0,432
10—12 »	220	1008	11	2,904	0,396
12—2 N.Mittags	365	1007	12	3,212	0,511
2—4 »	253	1006	13	2,328	0,405
4—6 »	100	1014	13	2,050	0,150
24stünd. Summe 6 Abds — 6 Abds.	2404			38,084	3,704
2stündig. Mittel	200			3,174	0,309

Tabelle C.

Mittelwerthe aus den Hungertagen.

4—6 Abends	167			3,377	0,414
6—8 »	144			3,453	0,365
8—10 »	108			2,887	0,258
10—12 »	151			2,908	0,227
12—2 Morgens	123			2,540	0,162
2—4 »	104			2,644	0,143
4—6 »	165			2,660	0,239
6—8 »	251			2,925	0,350
8—10 »	182			2,749	0,364
10—12 »	154			2,636	0,296
12—2 N.Mittags	216			2,704	0,347
2—4 »	**261**			2,935	**0,413**
4—6 »	132			2,221	0,193
24stünd. Summe 6 Abds — 6 Abds.	1991			33,262	3,357
2stündig. Mittel	166			2,772	0,280

Aus der vorstehenden Tabelle C der Mittelwerthe ersehen wir Folgendes:

1) Harnmenge betr.

Trotzdem dass die Wassereinverleibung für jede der 2stündigen Perioden des Versuchstags dieselbe war, zeigen sich bedeutende Differenzen zwisehen den einzelnen Harnmengen. Das Minimum fällt in die Stunden von 2—4 Morgens, das Maximum in die von 2—4 Naehmittags. Das Ansteigen der Curve ist kein stetiges, indem von 8—12 Morgens ein ziemliches Sinken eintritt, und andererseits maeht sieh im absteigenden Theil der Curve von 10—12 Abends ein Steigen bemerklich. In den letzten Stunden des Versuehstags (von 4—6 Abends) also gleich nach dem Maximum, zeigt sich ein bedeutender Abfall.

2) Harnstoff betr.

Der Einfluss des Hungerns macht sieh hier unmittelbar geltend, indem das Maximum in die zwei ersten Stunden des Versuehstags (von 6—8 Abends), das Minimum in die zwei letzten (4—6 Abends) fällt. Dies rührt offenbar daher, dass das eigentliche Hungern erst Abends 8 Uhr mit dem Ausfallen des Abendessens beginnt, die Stunden von 6—8 Abends also noch nicht unter seine Einwirkung fallen. Als eigentliches Maximum der Hungertagseurve dürfen wir desshalb füglieh den zweithöchsten Werth, welcher in die Stunden von 2—4 Naehmittags fällt, betrachten. Die dem Minimum am nächsten kommende Periode ist die von 12—2 Morgens.

Die Curve fällt stetig von 6 Abends an bis 2 Morgens, steigt dann bis 8 Morgens, fällt dann von 8—12

Morgens, und steigt wieder bis Nachmittags 4 Uhr, worauf sie steil abfällt.

3) Chlornatrium betr.

Das Minimum fällt in die Stunden von 2—4 Morgens, das Maximum in die von 2—4 Nachmittags, und letzteres übertrifft selbst den Werth für die (noch nicht unter dem Einfluss des Hungerns stehenden) Stunden von 6—8 Abends noch ca. um $^1/_9$.

Die Curve fällt regelmässig von 6 Abends an bis zum Minimum, steigt dann stetig zum Maximum empor, mit Ausnahme einer Senkung von 10—12 Morgens, und schliesst mit steilem Abfall.

Auch bei den Hungertagen sind die Schwankungen in den Tagesstunden am geringsten beim Harnstoff, nämlich 2,2 : 2,9 = 1 : 1,3, grösser bei der Harnmenge, 104 : 261 = 1 : 2,5, am bedeutendsten beim Chlornatrium, 14 : 41 = 1 : 3.

Die Schwankungen für die verschiedenen 2stündigen Perioden der einzelnen Hungertage sind in der folgenden Tabelle D in der Weise zusammengestellt, dass von den constantesten Perioden zu den weniger constanten fortgeschritten wird.

Tabelle D.

Harnmenge.			Harnstoff.			Chlornatrium.		
Tageszeit.			Tageszeit.			Tageszeit.		
8—10 Abends	Min. 60 Max. 157	100 261	12—2 N.Mittags	Min. 2,23 Max. 3,35	100 150	2—4 Morgens	Min. 0,08 Max. 0,23	100 287
6—8 »	Min. 72 Max. 245	100 340	8—10 Abends	Min. 2,16 Max. 3,71	100 172	6—8 Abends	Min. 0,20 Max. 0,64	100 320
4—6 N.Mittags	Min. 58 Max. 206	100 355	2—4 N.Mittags	Min. 1,92 Max. 3,47	100 181	12—2 N.Mittags	Min. 0,15 Max. 0,51	100 340
2—4 Morgens	Min. 55 Max. 210	100 382	2—4 Morgens	Min. 1,81 Max. 3,39	100 187	10—12 Abends	Min. 0,10 Max. 0,37	100 370
12—2 N.Mittags	Min. 74 Max. 365	100 493	4—6 N.Mittags	Min. 1,60 Max. 3,03	100 189	4—6 N.Mittags	Min. 0,07 Max. 0,36	100 514
10—12 Abends	Min. 50 Max. 280	100 560	8—10 Morgens	Min. 1,80 Max. 4,02	100 223	8—10 Abends	Min. 0,08 Max. 0,44	100 550
2—4 N.Mittags	Min. 64 Max. 384	100 600	12—2 »	Min. 1,76 Max. 4,08	100 232	12—2 Morgens	Min. 0,06 Max. 0,35	100 583
8—10 Morgens	Min. 60 Max. 360	100 600	6—8 Abends	Min. 2,31 Max. 5,46	100 235	2—4 N.Mittags	Min. 0,11 Max. 0,65	100 591
12—2 »	Min. 47 Max. 290	100 617	10—12 Morgens	Min. 1,52 Max. 3,70	100 243	10—12 Morgens	Min. 0,09 Max. 0,58	100 644
6—8 »	Min. 86 Max. 536	100 623	10—12 Abends	Min. 1,95 Max. 5,11	100 262	6—8 »	Min. 0,17 Max. 1,12	100 659
10—12 »	Min. 40 Max. 294	100 735	4—6 Morgens	Min. 1,46 Max. 4,42	100 303	8—10 »	Min. 0,13 Max. 0,97	100 746
4—6 »	Min. 36 Max. 335	100 931	6—8 »	Min. 1,38 Max. 5,09	100 362	4—6 »	Min. 0,08 Max. 0,67	100 837

Schreiten wir nun zur Vergleichung der Mittelwerthe der gewöhnlichen Tage mit denen der Hungertage, so ergeben sich folgende Resultate:

1) Harnmenge betr.

a. Die durchschnittliche 24stündige Harnmenge ist bei den Hungertagen um ein Beträchtliches grösser, als bei den gewöhnlichen Tagen, obgleich die einverleibte Wassermenge (6 Schoppen = 2500 CCm.) an den Hungertagen 4—500 CCm. weniger betrug, als an den gewöhnlichen Tagen. Diess ist vielleicht aus dem Umstand zu erklären, dass die gewöhnlichen Tage sämmtlich in den Sommer fallen, während die Hungertage meist der kältern Jahreszeit angehören, in welcher durch Transpiration dem Körper weit weniger Wasser entzogen wird.

b. Die Schwankungen in den verschiedenen Tagesstunden sind bei den Hungertagen geringer, was von der auch bei Nacht fortgesetzten Wassereinverleibung herrührt.

c. Die Curve der Hungertage zeigt zwar nicht dieselbe Regelmässigkeit im Steigen und Fallen wie die der gewöhnlichen Tage; doch fallen Minimum und Maximum in beiden Versuchsreihen in dieselben Tagesstunden.

2) Harnstoff betr.

a. Die durchschnittliche 24stündige Harnstoffmenge ist an den Hungertagen eine ziemlich, nämlich um $^1/_7$, geringere, als an den gewöhnlichen Tagen, trotz der um 440 CCm. grösseren 24stündigen Harnmenge.

b. Die Schwankungen in den Tagesstunden sind auch beim Harnstoff für die Hungertage geringer als

für die gewöhnlichen Tage. Diess hat übrigens seinen Grund nicht in der nächtlichen Wassereinverleibung, da diese, wie eben angeführt, trotz der Vermehrung der Harnmenge keine Vermehrung des Harnstoffs hervorbrachte; auch weicht der geringste 2stündige Werth, welcher in den Hungertagen Nachts zu finden ist (2,540), nur ganz unbedeutend von der Minimalzahl der gewöhnlichen Tage (2,535) ab. Der Grund liegt vielmehr in der geringen Erhebung des (wahren) Maximums, welches von dem der gewöhnlichen Tage um 1,4 differirt.

c. Die Vergleichung der Curve der Hungertage mit der der gewöhnlichen Tage wird sehr erleichtert, wenn der Stundenwerth von 6—8 Uhr Abends = 1000 gesetzt, die übrigen Werthe darnach berechnet werden. So erhält man die folgende

Tabelle E.

Harnstoff von 6—8 Abends = 1000 gesetzt.

Tageszeit.		Gew.Tage.	Hungertage.
6—8	Abends	1000	1000
8—10	»	1171	837
10—12	»	915	843
12—2	Morgens	846	736
2—4	»	831	766
4—6	»	899	771
6—8	»	980	848
8—10	»	1027	797
10—12	»	1197	764
12—2	N.Mittags	1303	784
2—4	»	**1426**	**851**
4—6	»	1182	644

Aus dieser und der am Schluss beigefügten Zeichnung III ist leicht ersichtlich, dass die Curve der

Hungertage zwar sich stets weit unter der der gewöhnlichen Tage hält, aber im Ganzen doch den Charaeter derselben nachahmt. Die bedeutendste Senkung findet sich (wenn man von dem am Ende 24stündigen Hungerns sehr begreiflichen Endwerth 644 absieht) in beiden Curven in den Morgenstunden von 2—6 Uhr. Die Zeit des Abendessens, welche in der Curve der gewöhnlichen Tage eine beträchtliche Erhebung bedingt, zeigt zwar ein Sinken in der Hungercurve; dafür erfolgt in letzterer eine wenn auch unbedeutende Steigung in den zwei darauffolgenden Stunden von 10—12. Will man diess auch als zufällig betraehten, so ist diess doch nicht möglich mit der bedeutendsten Steigung beider Curven, welche in die Zeit während und nach dem Mittagessen fällt. Diese Steigung wird noch viel deutlicher, wenn in beiden Curven die Werthe von 10—12 Morgens = 1000 gesetzt werden, wodurch man folgende Werthe erhält:

Tageszeit.	Gew. Tage.	Hungertage.
10—12 Morgens	1000	1000
12—2 N.Mittags	1089	1026
2—4 »	1191	1114
4—6 »	987	821

Auch der Abfall in den Stunden von 4—6 Nachmittags zeigt hier keine so bedeutende Differenz.

Ich muss hier noch die Bemerkung beifügen, dass ich an meinen Hungertagen die alte Erfahrung bestätigt fand, dass das Hungergefühl um die Zeit der gewohnten Nahrungsaufnahme am stärksten wird, und dass sich dasselbe auch einstellte, wenn ich diese Zeit mit Titriren beschäftigt im physiologischen Institute zubrachte, wo

weder der Geruch noch der Anblick von Speisen eine Reizung veranlassen konnten.

3) Chlornatrium betreffend.

a) Es findet eine bedeutende Verminderung des 24stündigen Durchschnittswerths statt, und beträgt dieselbe ca. 30 %, was bei der beträchtlich grössern Harnmenge der Hungertage um so auffallender ist.

b) Die Schwankungen in den Tagesstunden sind auch hier in den Hungertagen geringer, was von dem geringen Werth des Maximums herrührt, während die Minimalzahl der der gewöhnlichen Tage beinahe gleich kommt.

c) Die Curve der Hungertage ist der der gewöhnlichen Tage sehr ähnlich, nur fällt bei ersterer die Steigung, welche bei der der gewöhnlichen Tage Abends von 8—10 eintritt, aus. Andererseits findet sich in der Curve der Hungertage in den Stunden von 10—12 Morgens eine kleine Senkung, welche in der der gewöhnlichen Tage fehlt, und endlich erreicht erstere Curve ihr Maximum 2 Stunden früher als letztere.

Fasse ich nun die Resultate dieser Vergleiche zusammen, so glaube ich mich zu dem Schlusse berechtigt, mit meiner Arbeit einen neuen Beleg für die Richtigkeit der Worte v. Vierordt's beigebracht zu haben, wenn er über die „Selbstständigkeit der täglichen Periodicität“ [1]) sagt: „Verdauung, Schlaf und Muskelthätigkeit bestimmen den täglichen Gang der Verrichtungen am meisten, gleichwohl aber bewahrt der Organismus auch diesen Einflüssen gegenüber bis zu einem

1) v. Vierordt, Physiologie, pag. 574.

gewissen Grade sein periodisches Verhalten". Und namentlich sind meine Resultate eine Bestätigung dafür, dass „wenn die Mahlzeit ausgesetzt wird, die Funktionen zwar eine merkliche Minderung zeigen; dass aber zur Zeit der Maxima wiederum die gewohnte Zunahme, freilich in viel geringerem Grade als gewöhnlich, eintritt".

III. Die Harnstoffausscheidung während und nach der Muskelthätigkeit.

Das Verhalten der Harnstoffbildung während der Muskelthätigkeit ist seit Voit's bahnbrechenden Untersuchungen Gegenstand zahlreicher theoretischer und experimenteller Studien geworden. Die Versuchsergebnisse, welche bis jetzt gewonnen wurden, weichen übrigens, näher betrachtet, sehr viel weniger von einander ab, als die Deutungen, die man denselben unmittelbar oder mittelbar gab, und glaube ich in vollem Recht zu sein, wenn ich als Endresultat aus sämmtlichen, von den divergirendsten Standpunkten aus unternommenen Versuchen, den Satz hinstelle: es findet eine gewisse Harnstoffvermehrung während der Muskelthätigkeit in der That statt. Gleichwohl erscheint diese Zunahme gegenüber den während des sogenannten ruhenden Körperzustandes gebildeten Harnstoffmengen als eine verhältnissmässig unerhebliche; sie ist in der That viel geringer, als man von der so stickstoffreichen Muskulatur im Zustand ihrer angestrengten Thätigkeit bei dem früheren Standpunkt unseres Wissens a priori erwarten durfte.

Nachdem ich auf die im I. und II. Theil meiner

Arbeit angegebene Weise den Gang meiner Harnstoffcurve bei normaler Kost und gewöhnlicher Lebensweise, sowie während der Abstinenz untersucht hatte, wurde ich von Herrn Prof. v. Vierordt aufgefordert, auch dem Einfluss der Muskelthätigkeit eine eingehende Berücksichtigung zu widmen, und zwar unter Versuchsbedingungen, welche von denen der übrigen Forscher möglichst abweichen sollten. Dabei wurden mir von Herrn Prof. v. Vierordt folgende Aufgaben gestellt:

1) Während die früheren Untersuchungen sich in der Regel auf die Harnstoffproduction innerhalb einer grösseren, selbst 24stündigen Periode bezogen, in welche die auf die Arbeitsstunden folgenden Ruhestunden mit herein gezogen wurden, sollte die Harnstoffausscheidung sowohl während zweistündiger Muskelarbeit, als auch in den ebenfalls je zweistündigen Perioden der darauf folgenden Ruhezeit untersucht werden. Ein unmittelbares Eingehen auf diese Frage wurde mir dadurch ermöglicht, dass ich bereits eine Anzahl von Erfahrungen über die Gestaltung meiner Harnstoffausscheidung in den verschiedenen Tagesstunden unter verschiedenen Bedingungen gesammelt hatte.

2) Da es nicht unwahrscheinlich erscheint, dass die Harnstoffausscheidung bei der bedeutenden Verminderung der Harnmenge während der Muskelanstrengung etwas gehemmt werde, so empfahl sich in meinen Versuchen ein entsprechendes Wassertrinken, um die Harnmenge während der Muskelarbeit so zu vermehren, dass sie von der normalen Harnmenge derselben Tagesstunden nicht zu sehr abwich. Freilich musste ich mir von vornherein sagen, dass durch die

Wassereinverleibung der secretorische Apparat in Verhältnisse treten könne, die möglicherweise von den mittleren Zuständen erheblich abweichen, so dass zwei gleiche Harnmengen, die in gleicher Zeit vom ruhenden, nicht schwitzenden und vom thätigen, stark perspirirenden, mit Wasser überschwemmten Körper abgesondert werden, von höchst verschiedenen Secretionsbedingungen abhängen können. Auch hier hatte mir eine gleichzeitige Versuchsreihe über die Harnstoffproduction des ruhenden Körpers bei starkem Wassertrinken die nöthigen Anhaltspunkte geliefert, um meine Versuche über die Harnstoffausscheidung während der Arbeit richtig deuten zu können.

Endlich war mir

3) die Aufgabe gestellt, den Einfluss der anhaltenden, willkürlichen Spannung vorzüglich der Extremitätenmuskulatur, ohne dass dieselbe Bewegungen vermitteln, auf die Harnstoffausscheidung zu untersuchen.

Zum Verständniss der unten angegebenen Tabellen habe ich Folgendes über die Versuchsbedingungen und die während der einzelnen Versuchsstunden von mir beobachtete Lebensweise zu bemerken:

1) Bei der „Ueberschwemmung ohne Arbeit“ wurde Morgens 4 Uhr der Nachtharn gelassen, um die Harnmenge von 4—6 Uhr isolirt zu bekommen. Um 8 Uhr wurden innerhalb 15 Minuten 2½ Schoppen Wasser und 1 Schoppen Milch getrunken und der Harnstoffgehalt von je 2 Stunden bis 12 Uhr bestimmt.

2) Bei der „Ueberschwemmung mit Arbeit“ war der Gang des Versuches ganz wie bei den Versuchen sub 1., nur wurde als Arbeit ein zweistündiges, ange-

strengtes Gehen von $8^1/_4$—$10^1/_4$ Uhr ausgeführt. — Da sich nach den ersten Versuchen eine bedeutende Verminderung der Harnmenge herausstellte, so wurde bei den Versuchstagen No. 3—6 um 9 und um 10 Uhr je ein Schoppen Wasser nachgetrunken.

3) Beim „Tetanus 1 Stunde“ wurde derselbe Gang des Versuchs eingehalten wie sub 1., nur wurden von $8^1/_4$—$9^1/_4$ Uhr Morgens die Muskelcontractionen in der Weise ausgeführt, dass ich auf einem Sopha liegend, abwechselnd die Beuger und Strecker der Extremitäten, sowie theilweise die Muskulatur des Nackens, Rückens und Bauches in Spannung versetzte, und erst dann in eine andere Stellung übergieng, wenn Ermüdung eintrat, was ungefähr alle $^1/_2$—$^3/_4$ Minuten nöthig war.

4) Beim „Tetanus 2 Stunden“ wurden dieselben Muskelcontractionen von $8^1/_4$—$10^1/_4$ Uhr Morgens ausgeführt, und bei sonstiger völliger Abstinenz von Morgens 4 Uhr bis Nachmittags 2 Uhr blos alle 2 Stunden $^1/_2$ Schoppen Wasser getrunken — das Mittagessen erst um 2 Uhr eingenommen.

Die Wasserzufuhren entsprechen also genau denjenigen der „Hungertage“. Der Unterschied besteht also blos darin, dass ich das Abendessen nicht wie bei den „Hungertagen“ gänzlich ausfallen liess. Das mässige Abendessen zeigt sich übrigens auf den Harnstoff der Morgenstunden des folgenden Tags von keinem nachweisbaren Einfluss mehr, wie die Vergleichung der Harnstoffwerthe von 6—8 Uhr Morgens in den Versuchsreihen 2. und 6. deutlich zeigt. Ich kann demnach die Versuche dieser 6. Reihe mit denen der 2. Reihe ohne Bedenken vergleichen.

Dass die Beibehaltung der willkürlichen Muskelspannung eine oder selbst zwei Stunden hindurch keine geringe Anstrengung voraussetzt, brauche ich nicht zu bemerken; ich spürte die Nachwirkung meiner willkürlichen Tetani fast bis in die Abendstunden, indem ich mich merklich weniger kräftig, als gewöhnlich fühlte.

Bei dem Versuch am 9. Febr. (Tetanus 2 Stunden) wurde auch die Körpertemperatur gemessen und dieselbe um 8 Uhr (also vor der Muskelcontraction) = 37,0 in der Achselhöhle gefunden, während sie um 10 Uhr (gegen das Ende des Versuchs) 36,9 betrug, also eine Abnahme um 0,1° C. zeigte.

Tabelle I.

Mittelwerthe des Harnstoffs in Grammen.

Tageszeit.	6—8 Morg.	8—10	10—12	12—2	Zahl der Versuchstage.
1. Gewöhnliche Tage	2,989	3,133	3,650	3,976	6
2. Hungertage	2,925	2,749	2,636	2,704	7
3. Ueberschwemmung ohne Arbeit	2,684	3,913	2,795	.	7
4. Ueberschwemmung mit Arbeit	2,287	3,728	3,510	.	6
5. Tetanus 1 Stunde .	2,448	4,588	2,718	.	2
6. Tetanus 2 Stunden	2,266	3,392	2,621	2,603	2

Tabelle II.

Relative Harnstoffmengen, den Harnstoff von 6—8 Uhr Morgens = 1000 gesetzt.

Tageszeit.	8—10 Morgens.	10—12	12—2
1. Gewöhnliche Tage	1051	1226	1324
2. Hungertage	940	902	924
3. Ueberschwemmung ohne Arbeit	1458	1043	.
4. Ueberschwemmung mit Arbeit	1644	1540	.
5. Tetanus 1 Stunde	1872	1109	.
6. Tetanus 2 Stunden	1497	1157	1149

Tabelle III.

Mittlere Harnvolume in CCm.

Tageszeit.	6—8 Morg.	8—10	10—12	12—2
1. Gewöhnliche Tage	94	110	188	216
2. Hungertage	251	182	154	216
3. Ueberschwemmung ohne Arbeit	117	763	336	.
4. Ueberschwemmung mit Arbeit .	85	425	527	.
5. Tetanus 1 Stunde	105	1011	252	.
6. Tetanus 2 Stunden	126	280	165	348

Tabelle IV.

Relative Harnvolume. das Harnvolum von 6—8 Uhr Morgens = 1000 gesetzt.

Tageszeit.	8—10	10—12	12—2
1. Gewöhnliche Tage	1170	2000	2298
2. Hungertage	725	613	861
3. Ueberschwemmung ohneArbeit	6521	2872	.
4. Ueberschwemmung mit Arbeit	5000	6200	.
5. Tetanus 1 Stunde	9629	2402	.
6. Tetanus 2 Stunden	2222	1309	2762

Da auch von den Versuchsstunden 4—6 Uhr Morgens Harnstoffanalysen vorliegen, also von einer Zeit, die den Arbeitsstunden um 4—2 Stunden vorangeht, so halte ich die Angabe der betreffenden Zahlen für dienlich. In der naehfolgenden Tabelle habe ich die Werthe von 4—8 Uhr zusammengefasst, desgleichen die von 8—12 Uhr; letztere Periode umfasst also die 2stündige Arbeitszeit und die darauffolgende 2stündige Ruhezeit.

Tabelle V.

	a. Mittelwerthe des Harnstoffs in Grammen.		b. Relative Harnstoffmengen, den Harnstoff von 4—8 = 1000 gesetzt
Tageszeit.	4—8	8—12	8—12
1. Gewöhnliche Tage	5,730	6,783	1206
2. Hungertage	5,586	5,385	964
3. Ueberschwemmung ohne Arbeit	5,321	6,708	1256
4. Ueberschwemmung mit Arbeit	5,113	7,238	1422
5. Tetanus 1 Stunde .	4,619	7,307	1582
6. Tetanus 2 Stunden	4,384	6,013	1371

Auf die im Vorstehenden mitgetheilten Endwerthe der einzelnen Versuchsreihen lasse ich nun die Einzeltage der Versuchsreihen 3., 4., 5. und 6. folgen.

Tabelle VI.

Ueberschwemmung ohne Arbeit.

Tageszeit. Morgens.	Harnmenge in CCm.	Spec. Gew. b. 14° R.	Temp. der Luft.	Harnstoffgehalt in Grammen.	Proc.
		1. Tag. 5. Mai 1867.			
4—6	83	1020	.	2,009	2,42
6—8	100	1021	8	2,050	2,05
8—10	779	1003,5	8	3,056	0,55
10—12	527	1004,5	8	2,514	0,66
		2. Tag. 6. Juni 1867.			
4—6	53	1026	.	2,305	4,35
6—8	90	1021	13	2,700	3,00
8—10	910	1003	13,5	4,066	0,61
10—12	470	1008	13,5	2,587	0,95
		3. Tag. 11. Juli 1867.			
4—6	80	1019	.	2,464	3,08
6—8	120	1015	12	2,376	1,98
8—10	936	1005	12	4,671	0,83
10—12	364	1006	12,5	2,296	0,89
		4. Tag. 1. August 1867.			
4—6	140	1019	.	2,912	2,08
6—8	170	1019,5	10	3,026	1,78
8—10	716	1006	10,5	3,320	1,05
10—12	369	1008	12	3,391	1,43
		5. Tag. 8. August 1867.			
4—6	120	1020	.	2,724	2,27
6—8	148	1016	11	2,708	1,83
8—10	603	1007	12	3,281	1,27
10—12	280	1009	12,5	2,971	1,19
		6. Tag. 14. August 1867.			
4—6	110	1018	.	2,475	2,25
6—8	94	1023	13	2,529	2,69
8—10	844	1007	14	4,598	1,08
10—12	184	1009	14	2,669	1,79
		7. Tag. 15. August 1867.			
4—6	105	1023	.	3,570	3,40
6—8	100	1021	14	3,400	3,40
8—10	550	1004	14	4,400	0,80
10—12	159	1013	14	3,139	2,08

Tabelle VII.

Ueberschwemmung mit Arbeit.

Tageszeit. Morgens.	Harnmenge in CCm.	Spec. Gew. b. 14° R.	Temp. der Luft.	Harnstoffgehalt. in Grammen.	Proc.
		1. Tag. 31. Mai 1867.			
4—6	48	1029	.	1,771	3,69
6—8	60	1028	14	2,070	3,45
8—10	430	1008	14	3,115	1,21
10—12	123	1011	14,5	2,752	2,25
		2. Tag. 20. Juni 1867.			
4—6	52	1030	.	1,399	2,69
6—8	60	1029	11	1,434	2,39
8—10	248	1008	11,5	4,654	2,78
10—12	70	1020	11,5	2,799	4,06
		3. Tag. 29. Juni 1867.			
4—6	100	1017	.	2,690	2,69
6—8	110	1017	11	2,629	2,39
8—10	499	1004	11	3,614	0,78
10—12	1072	1001	11	4,071	0,38
		4. Tag. 7. Juli 1867.			
4—6	170	1011	.	3,230	1,90
6—8	113	1017	13,5	2,250	2,08
8—10	534	1005	14	3,570	0,90
10—12	930	1001,5	14	3,583	0,41
		5. Tag. 21. Juli 1867.			
4—6	80	1024	.	2,158	2,71
6—8	76	1020	13	2,189	2,88
8—10	392	1005	14	2,897	0,84
10—12	525	1002	15	2,938	0,62
		6. Tag. 17. August 1867.			
4—6	118	1026,5	.	5,711	4,84
6—8	90	1027	13,5	3,150	3,50
8—10	448	1007,5	14	4,520	1,52
10—12	445	1007	14,5	4,917	1,11
		7. Tag. 7. Juni 1867. Gehen v. 6—8 Uhr.			
4—6	60	1027	.	3,150	5,25
6—8	35	1029	15	1,890	5,40
8—10	317	1012	15	4,725	3,42
10—12	126	1014	15,5	4,227	3,49

Tabelle VIII.

Tetanus 1 Stunde.

Tageszeit. Morgens.	Harnmenge in CCm.	Spec. Gew. bei 14° R.	Temp. der Luft.	Harnstoffgehalt. in Grammen.	Proc.
	1. Tag. 30. November 1867.				
4—6	77	1016	.	2,310	3,00
6—8	70	1013	9	2,282	3,26
8—10	823	1002,5	10	4,016	0,75
10—12	218	1006	12	3,077	1,51
	2. Tag. 16. Februar 1868.				
4—6	66	1026	.	2,033	3,08
6—8	139	1024	4,5	2,613	1,88
8—10	1200	1003	8	5,160	0,43
10—12	286	1005	10	2,360	0,86

Tabelle IX.

Tetanus 2 Stunden.

Tageszeit. Morgens.	Harnmenge in CCm.	Spec. Gew. bei 14° R.	Temp. der Luft.	Harnstoffgehalt. in Grammen.	Proc.
	1. Tag. 2. Februar 1868.				
4—6	58	1027	.	1,856	3,20
6—8	55	1023	.	1,650	3,00
8—10	160	1017	9	3,104	1,64
10—12	182	1006	10	2,785	1,53
12—2	426	1004	11	2,343	0,55
	2. Tag. 9. Februar 1868.				
4—6	70	1022	.	2,380	3,40
6—8	196	1017	.	2,881	1,47
8—10	400	1008	5	3,680	0,92
10—12	148	1010	11,5	2,457	1,66
12—2	270	1006	12	2,862	1,06

Schreiten wir nun zur Vergleichung der verschiedenen Versuchsreihen miteinander, so ergeben sich aus Tab. I. u. II. folgende Resultate:

1) Aus Reihe 3 und 4 (Uebersehwemmung ohne und Uebersehwemmung mit Arbeit): Es findet eine

Vermehrung der Harnstoffausscheidung während der Zeit der Bewegung statt, — relativ viel stärker aber ist dieselbe in der darauf folgenden 2stündigen Ruhezeit.

Wenn in Reihe 3 (ohne Arbeit) der Harnstoffwerth von 6—8 Uhr 2,68 gramm betrug, um in Folge des Wassertrinkens um 8 Uhr in der Zeit von 8—10 Uhr auf 3,91 gramm zu steigen, so wäre für Reihe 4 (mit Arbeit) ein Steigen des Harnstoffs von 2,28 gramm (6—8 Uhr) auf 3,34 grm. während der darauf folgenden 2tündigen Arbeitszeit zu erwarten; der Harnstoff zeigte aber im Endmittel einen Werth von 3,72 grm., stieg also während der Arbeit um mehr als 10% stärker, als wenn der Körper ruhig geblieben wäre. Mag dieser Unterschied auch als geringfügig erklärt werden, so ist das nicht mehr möglich gegenüber den Harnstoffwerthen in der der Arbeit nachfolgenden Ruhezeit. Nach Tab. II. zeigen in der Versuchsreihe 3. die Stunden vor 10—12 einen wenig grösseren Harnstoffwerth, als die Stunden von 6—8 Uhr; würde die Arbeit ohne Einfluss sein, so müsste in Reihe 4. dem Harnstoffwerth 2,28 grm. (6—8 Uhr) für die Stunden von 10—12 eine Harnstoffmenge von blos 2,37 grm. entsprechen. Statt dessen erhielt ich aber 3,51 grm., also eine Steigerung um beinahe 50%.

2) Aus Reihe 5. (1stündiger Tetanus) und Reihe 3.: In der die anhaltende Muskelspannung (8—9 Uhr) einschliessenden ersten Periode (8—10 Uhr) ergibt sich eine erhebliche Vermehrung der Harnstoffausscheidung, und zwar um 40% in runder Zahl, — dagegen ist die Nachwirkung von 10—12 Uhr geringer als bei Reihe 4; immerhin aber ist der relative Harnstoffwerth etwas grös-

ser, als in den Stunden von 10—12 Uhr der Reihe 3.

3) Die Versuchsreihe 6. (2stündiger Tetanus) ist aus früher angegebenen Gründen mit der Versuchsreihe 2. (Hungertage) zu vergleichen:

Die Zeit des Tetanus (8—10 Uhr) zeigt eine starke Vermehrung des Harnstoffs, während die Nachwirkung von 10—12 Uhr minder stark hervortritt. Ohne den Tetanus würde, nach Analogie der Reihe 2 der Harnstoffwerth von 8—10 Uhr 2,12 grm. betragen; er beläuft sich aber auf 3,39 grm., zeigt also die enorme Steigerung um 60%. Dessgleichen wären in den beiden 2stündigen Perioden der dem Tetanus nachfolgenden Ruhezeit nach Analogie der Reihe 2 die Harnstoffwerthe 2,04 und 2,09 zu erwarten; ich erhielt aber 2,62 und 2,60 grm., also in runder Zahl um ein Viertel höhere Werthe.

4) Ganz dieselben Schlüsse erlaubt Tab. V. mit den 4stündigen Perioden: die Vergleichung der Reihen 4 und 5 mit Reihe 3 sowohl, als die der Reihe 6 mit Reihe 2, ergeben eine Vermehrung der Harnstoffausscheidung in den Versuchszeiten mit Arbeit.

Um einen näheren Einblick in unsere Versuchsresultate zu gewinnen, müssen wir zunächst die Wirkung der starken Wassereinverleibung auf Harnvolum, Chlornatrium und Harnstoffausscheidung untersuchen. Die nöthigen Anhaltspunkte hierzu liefert uns die Vergleichung der Versuchsreihe 3 mit Reihe 1.

1) Harnvolum.

	6—8	8—10	10—12
Reihe 1.	1000	1170	2000
Reihe 3.	1000	6521	2872

Diese Vergleichung ergibt uns als erste Wirkung der Ueberschwemmung eine bedeutende Zunahme der Harnmenge in den ersten 2 Stunden nach der Einverleibung; aber auch in der folgenden Periode von 10 bis 12 Uhr zeigt sich noch ein höherer Werth, als an den Normaltagen. Doch ist diese Zunahme 4 Stunden nach der Einverleibung des Getränks von der Art, dass sich annehmen lässt, die Harnmenge werde nach 6 Stunden jedenfalls zur Norm zurückkehren. Also fallen bei der gesteigerten Wasserzufuhr meine Versuchsstunden bis 12 Uhr in die Periode der gesteigerten Secretion.

2) Chlornatrium.

Ich beschränke mich hier auf die Angabe der Endmittel in relativen Werthen, wobei für die Stunden von 6—8 der Kochsalzwerth = 1000 gesetzt wird.

	6—8	8—10	10—12
Reihe 1.	1000	1302	1963
Reihe 3.	1000	3013	2198

3) Harnstoff.

	6—8	8—10	10—12
Reihe 1.	1000	1051	1226
Reihe 3.	1000	1458	1043

Diese Erfahrungen beweisen, dass in Folge einer plötzlichen Wassereinverleibung das Wasser des Urins ungleich stärker zunimmt, als das Chlornatrium, während der Harnstoff die verhältnissmässig geringste, aber immer noch sehr merkliche Steigerung zeigt. In den Stunden von 8—10 Uhr hat gegenüber den Stunden von 6—8 bei gewöhnlicher Diät das Wasservolum zu-

genommen um 17%, der Chlornatriumwerth um 30%, der Harnstoffwerth um 5%; während die Steigerungen in Folge der Wassereinverleibung für das Wasser 552%, das Chlornatrium 200% und für den Harnstoff 45% betrugen.

Dagegen hat in den Stunden von 10—12 Uhr gegenüber den Stunden von 6—8 in Versuchsreihe 1 (gewöhnliche Diät) das Wasser zugenommen um 100%, Chlornatrium um 96%, Harnstoff um 22%; während die respectiven Werthe bei der Wassereinverleibung 187% (Wasser) — 119% (Chlornatrium) und 4% (Harnstoff) betragen.

Die Chlornatriumausscheidung sinkt also langsamer, als die Wasserausscheidung; beide Werthe sind aber immer noch höher, als in den Versuchen ohne Wassereinverleibung. Der verhältnissmässige Harnstoffwerth ist aber erheblich gesunken, im Vergleich zur Versuchsreihe 1. Die rasche Wassereinverleibung hat also den Effect, dass sie die Harnstoffausscheidung nur kürzere Zeit steigert und dieselbe viel früher, als dies bei den beiden anderen Harnbestandtheilen der Fall ist, in das Gegentheil umkehrt.

Demnach wird der Vorrath an Harnstoff, resp. an Harnstoffcomponenten durch die Wassereinverleibung rasch entfernt und der Körper dadurch ärmer an den genannten Bestandtheilen, wenn man nicht — was mir als das weniger Wahrscheinliche vorkommt — auf eine Steigerung der Harnstoffproduction während der Wassereinverleibung das Hauptgewicht legen will. Doch können auch beide Momente gleichzeitig bei der Steigerung der Harnstoffausfuhr in Frage kommen.

Bei gewöhnlieher Diät (Versuehsreihe 1) ist (s. Tab. II.) das Verhältniss des Harnstoffs in den Stunden von 8—10 Uhr durehsehnittlieh 1051, wenn die Harnstoffmenge von 6—8 Uhr = 1000 gesetzt wird. In der dritten Versuehsreihe ist dieses Verhältniss, in Folge der unmittelbar vorangegangenen Wassereinverleibung, in den einzelnen Versuehstagen (Tab. VI.) der Reihe naeh: 1491 — 1506 — 1965—1097—1211—1818—1294, also ausnahmslos grösser als der Durehsehnittswerth der normalen Versuchsreihe ohne Wassertrinken.

Für die Stunden von 10—12 dagegen ist die Verhältnisszahl des Harnstoffs im Durehsehnitt 1226 (den Harnstoff von 6—8 Uhr wiederum = 1000 gesetzt). Die Versuche mit Wassereinverleibung bieten aber ausnahmlos geringere Werthe, nämlieh der Reihe nach: 1226—958—966—1121—1097—1055—923, zum deutliehen Beweis, dass die in Folge der Wasserzufuhr gesteigerte Harnstoffausfuhr sehr bald in eine Minderung sieh umkehrt.

Die vierte Versuehsreihe (Ueberschwemmung mit Arbeit) giebt naeh Tab. II. in den Endmitteln grössere Harnstoffwerthe als die entspreehenden Stunden der dritten Reihe (Uebersehwemmung ohne Arbeit). Die relative Harnstoffzahl der Stunden von 8—10 Uhr verhält sieh in den seehs einzelnen Versuchstagen der vierten Reihe (s. die absoluten Werthe unter Tab. VII.) der Reihe naeh wie 1505—3244—1367—1587—1323—1435. Diese Werthe stehen dreimal über dem Durehsehnittswerth (1458) der dritten Reihe; einmal findet annähernde Gleiehheit statt und zweimal liefert der arbeitende Organismus sogar weniger Harnstoff, als der

unter sonst gleichen Bedingungen stehende, aber nicht arbeitende. Im Allgemeinen zeigt immerhin die Vergleichung der Einzelversuchstage der dritten und vierten Reihe eine Präponderanz der Harnstoffausscheidung während der Arbeit. So ist z. B. die minimalste relative Harnstoffzahl bei der Arbeit (1323) höher als die drei niedersten Harnstoffzahlen (1294 — 1211 — 1097) ohne Arbeit.

Vergleichen wir aber die relativen Harnstoffwerthe der Stunden von 10—12 in beiden Versuchsreihen, so ergiebt sich für die der Arbeit nachfolgenden Ruhestunden eine ausnahmslos höhere Harnstoffproduction. Die relativen Harnstoffwerthe von 10—12 sind in den sechs Versuchstagen der Reihe nach: 1329—1952—1549—1592—1342—1561; jeder dieser Werthe steht nicht blos hoch über dem Endmittel (1043), welches der relative Harnstoffwerth von 10—12 Uhr in Versuchsreihe 3 bietet, sondern es ist auch das Harnstoffmaximum 1226 (am ersten Versuchstag der dritten Reihe) noch erheblich niederer als das Harnstoffminimum 1329 (erster Versuchstag der vierten Reihe). Eine starke Nachwirkung der Muskelarbeit auf die Harnstoffausscheidung der nachfolgenden zwei Ruhestunden tritt somit in meinen Versuchen auf das Deutlichste hervor.

Die fünfte Versuchsreihe (Tetanus von 8—9 Uhr) zeigt relative Harnstoffwerthe (der Harnstoff von 6—8 = 1000) von 1760 und 1977 in den Stunden von 8—10, also viel höhere Zahlen als die dritte Versuchsreihe für dieselben Stunden im Endmittel (1458) bietet. In den Stunden von 10—12 Uhr betragen die relativen Harnstoffwerthe der fünften Reihe 1348 und 904, sehr

schwankende Zahlen, die am ersten Versuchstag weit über, am zweiten unter dem gleichstündigen Endmittel (1043) der dritten Reihe stehen.

Die beiden Versuchstage der sechsten Reihe (Tetanus von 8—10 Uhr) zeigen für die Stunden des Tetanus Harnstoffverhältnisszahlen von 1880 und 1278, die erheblich höher sind als das 1194 betragende Endmittel des Harnstoffs in den gleichen Stunden der mit der sechsten Reihe vergleichbaren zweiten Versuchsreihe (Hungertage). Endlich ist das Harnstoffverhältniss in den dem Tetanus nachfolgenden zwei Stunden 1688 und 853, während das Endmittel der zweiten Versuchsreihe 902 beträgt.

Ich bin sorgfältig bemüht gewesen, in den miteinander zu vergleichenden Versuchsreihen alle sonstigen Bedingungen möglichst gleich zu machen, damit der Einfluss der Ruhe des Körpers und der Muskelarbeit, sowie des Tetanus, um so deutlicher hervortrete. Die Harnmenge steht freilich nur sehr annähernd in der Willkür des Experimentators. Reihe 3 zeigt (s. Tab. III) ein erheblich grösseres absolutes und (in Tab. IV) ein merklich grösseres relatives, nämlich auf die zwei vorhergehenden Stunden bezogenes, Harnvolum als Reihe 4; die Secretionsbedingungen sind also zu Ungunsten der Versuchsreihe mit Arbeit und gleichwohl erhielt ich bei der Arbeit grössere Harnstoffwerthe im Endmittel, sowie auch in der Majorität der einzelnen Versuchstage. In Reihe 5 (Tetanus) ist dagegen das Harnvolum grösser als in den Stunden von 8—10 der Reihe 3; die Perspiration scheint demnach während der Arbeit vielmehr gesteigert zu sein, als während des Tetanus.

Die beiden ersten Versuchstage der vierten Reihe ergeben sehr kleine Harnvolume in den der Arbeit nachfolgenden beiden Ruhestunden; das relative Harnvolum von 10—12 beträgt in Versuchsreihe 3 im Endmittel 2872, wenn die Harnmenge von 6—8 = 1000 gesetzt wird. Die genannten beiden Versuchstage mit Arbeit lieferten relative Harnvolume für die Stunden von 10—12 von blos 1608 im Endmittel; deshalb trank ich, wie erwähnt, am dritten bis sechsten Versuchstag um 9 und 10 Uhr je einen Schoppen Wasser, um die Harnmenge nicht zu sehr sinken zu lassen. Der etwaige Vorwurf, durch diese Abweichung die Vergleichbarkeit der Versuche der vierten Reihe mit denen der dritten wesentlich gestört, d. h. die Harnstoffausscheidung während der der Arbeit nachfolgenden beiden Ruhestunden künstlich gesteigert zu haben, wird durch die Harnstoffwerthe, welche die beiden ersten Versuchstage der vierten Reihe von 10—12, trotz dieser geringen Harnmengen, lieferten, widerlegt. Versuch 1 ergab 2,75 gramm, Versuch 2 2,79 gramm Harnstoff; also Verhältnisszahlen (gegenüber der Stunden von 6—8) von 1392 und 1952. Der ersten Verhältnisszahl sehr nahe steht mit 1342 die Verhältnisszahl des fünften Versuchstages, während die zweite Verhältnisszahl 1952 überhaupt die grösste der ganzen Versuchsreihe ist, d. h. an die kleinste Harnmenge dieser Versuchsreihe war die grösste Harnstoffausscheidung gebunden.

Im siebenten Versuch der vierten Reihe (7. Juni 1867) verlegte ich die Muskelarbeit auf die Stunden von 6—8; bei sehr kleinem Harnvolum (35 CCm.) erhielt ich blos 1,89 gramm, also erheblich weniger Harn-

stoff während der Bewegung, als wenn der Körper ruhig geblieben wäre. Das Wassertrinken (um 8 Uhr $3^1/_2$ Schoppen, während um 9 und 10 Uhr nichts getrunken wurde) steigerte aber die Harnstoffausscheidung in den darauf folgenden Ruhestunden, bei im Ganzen nur mässiger Zunahme des Harnvolums, in hohem Grade. Diese Erfahrung beweist deutlich, dass man bei den Versuchen über den Einfluss der Muskelarbeit auf die Harnstoffausscheidung, um sich vor Täuschungen zu bewahren, die Bedingungen so einrichten muss, dass die Harnmenge während der Bewegungszeit nicht unter ein gewisses Maass sinkt. Der stark perspirirende und athmende, arbeitende Organismus entzieht nicht blos den Nieren soviel Wasser, dass die Harnstoffausscheidung beeinträchtigt werden muss, sondern gestattet auch durch den Schweiss einer ohne Zweifel nicht unerheblichen Menge Harnstoff den Abzug nach aussen. Stellen sich in der darauf folgenden Ruhezeit durch mässiges Wassertrinken die Secretionsbedingungen für die Nieren günstiger, so ist, wie meine Erfahrung zeigt, die Möglichkeit vorhanden, dass der während der Arbeit angesammelte Harnstoff resp. die Harnstoffcomponenten, alsdann durch die Niere ausgeschieden werden kann.

Ich glaube erwiesen zu haben, dass die Harnstoffausscheidung durch die Muskelarbeit eine sehr merkbare Steigerung erfährt, und dass diese Steigerung in den der Arbeit nachfolgenden Ruhestunden besonders deutlich (mit einem Plus von beinahe 50%) hervortritt. Bei der anhaltenden willkürlichen Spannung der Muskeln sind die Nachwirkungen geringer, die Steigerung der Harnstoffproduction während der Muskelanstrengung

aber viel grösser, als wenn der Muskel wirklich arbeitet, d. h. sich abwechselnd verkürzt. Heidenhain wies (s. dessen Schrift: Mechanische Leistung, Wärmeentwickelung und Stoffumsatz bei der Muskelthätigkeit, Leipzig 1864) bei in Thätigkeit versetzten Froschmuskeln eine stärkere acide Reaction nach, wenn dieselben an der Verkürzung verhindert wurden, als wenn sie sich verkürzen konnten; er nimmt desshalb für den ersteren Fall überhaupt einen grösseren Stoffwechsel im Muskel an. Meine Erfahrungen bestätigen ebenfalls den Satz, dass die unproductive Muskelthätigkeit mehr Harnstoff erzeugt, als die mit Arbeit verbundene. Auch kann ich Leber's Erfahrung (Zeitschrift für rationelle Medicin Band 18. pag. 262), dass der thätige Froschmuskel viel weniger ermüdet, wenn er Gewichte hebt, als wenn er an der Verkürzung gehindert wird, durch die von mir beobachtete stark ermüdende Nachwirkung einer 1 oder 2stündigen, willkürlichen Muskelspannung bestätigen.

Erklärung der beigefügten Zeichnungen.

HO = Wasser.

$\overline{U}$ = Harnstoff.

NaCl = Chlornatrium.

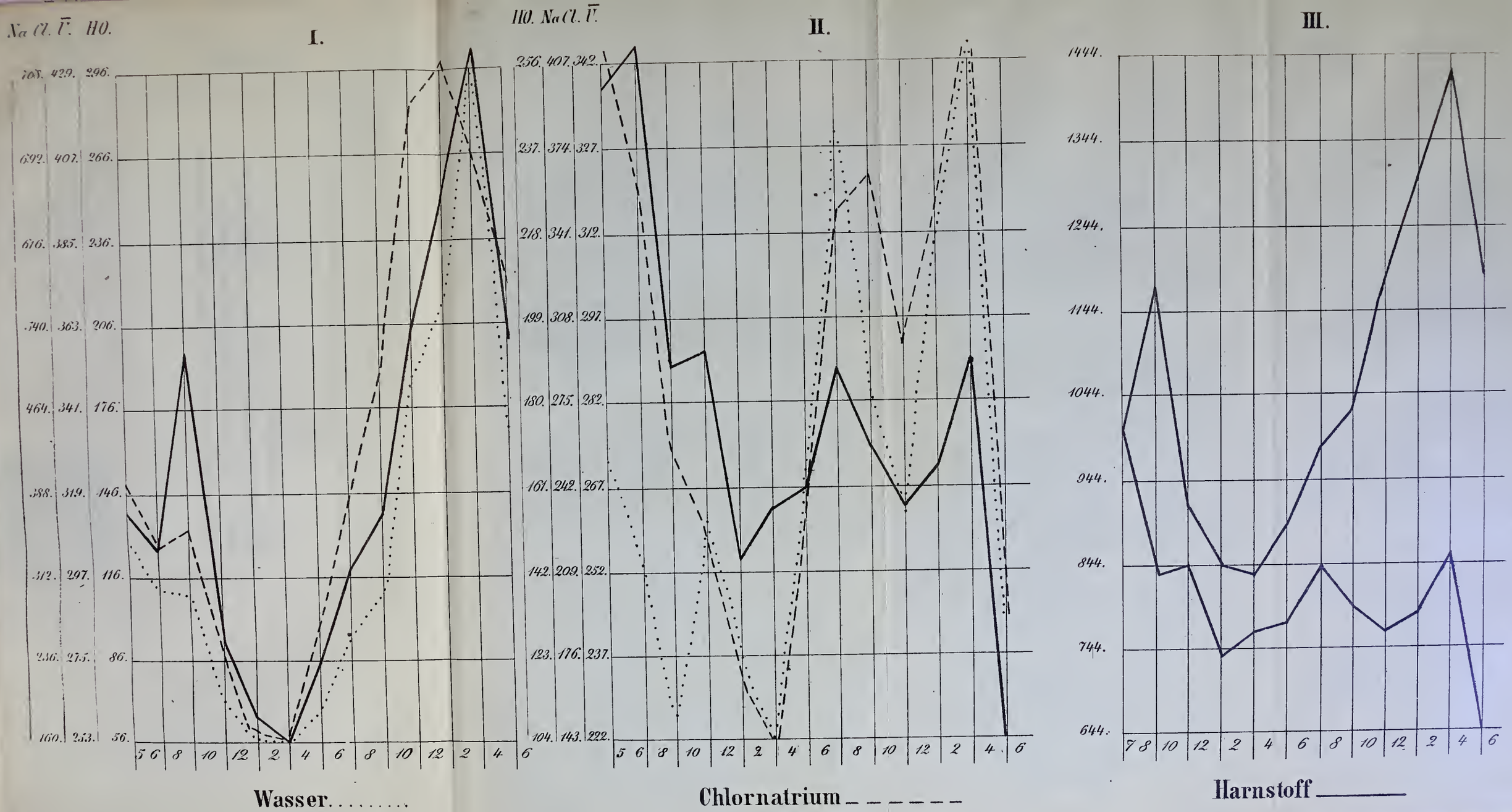
I. Curven der gewöhnlichen Tage.

II. » » Hungertage.

(Um den Raum auszufüllen, ist für diese Curven dieselbe Höhe beibehalten, wie für die der gewöhnl. Tage.)

III. Harnstoffcurven, die obere für gewöhnl. Tage, die untere für die Hungertage, wenn bei beiden der Werth von 6–8 Abends = 1000 gesetzt wird.

Bei Construction der Curven wurden die den einzelnen 2stündigen Werthen entsprechenden Höhenpunkte einfach durch gerade Linien verbunden. Die Stundenzahlen mussten desshalb in der Weise angeschrieben werden, dass der Höhepunkt, welcher der 2stündigen Periode von n Uhr bis n + 2 Uhr entspricht, in die Mitte dieser Periode, also auf n + 1 Uhr, fällt.


Na Cl. Ū. HO.
I.
105. 429. 296.
692. 407. 266.
616. 385. 236.
540. 363. 206.
464. 341. 176.
388. 319. 146.
312. 297. 116.
236. 275. 86.
160. 253. 56.
5 6 8 10 12 2 4 6 8 10 12 2 4 6
HO. Na Cl. Ū.
II.
256. 407. 342.
237. 374. 327.
218. 341. 312.
199. 308. 297.
180. 275. 282.
161. 242. 267.
142. 209. 252.
123. 176. 237.
104. 143. 222.
5 6 8 10 12 2 4 6 8 10 12 2 4 6
III.
1444.
1344.
1244.
1144.
1044.
944.
844.
744.
644.
7 8 10 12 2 4 6 8 10 12 2 4 6
Wasser.....
Chlornatrium _ _ _ _ _ _
Harnstoff _____